



①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 199 58 126 A 1**

⑤1 Int. Cl.<sup>7</sup>:  
F 02 M 61/18

②1 Aktenzeichen: 199 58 126.6  
②2 Anmeldetag: 2. 12. 1999  
④3 Offenlegungstag: 15. 6. 2000

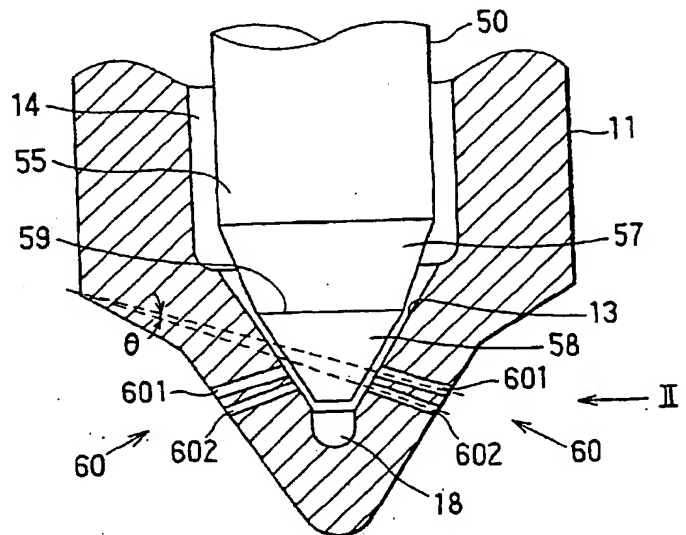
③3 Unionspriorität:  
P 10-354086 14. 12. 1998 JP  
P 11-276497 29. 09. 1999 JP  
P 11-309092 29. 10. 1999 JP  
  
⑦1 Anmelder:  
Denso Corp., Kariya, Aichi, JP  
  
⑦4 Vertreter:  
Tiedtke, Bühling, Kinne & Partner, 80336 München

⑦2 Erfinder:  
Date, Kenji, Kariya, Aichi, JP; Yoda, Toshiyuki,  
Kariya, Aichi, JP

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

⑤4 Kraftstoffeinspritzdüse

⑤7 Eine Kraftstoffeinspritzdüse umfasst einen Düsenkörper (11) und einen Ventilsitz. Der Düsenkörper (11) hat mindestens eine Düsenöffnungsgruppe (60-68), die aus einer Vielzahl von Düsenöffnungen gebildet ist. Der Düsenkörper (11) trägt eine Ventilnadel (50, 90) die reziprocieren kann und einen Kontaktabschnitt (59, 97) hat, der auf den Ventilsitz (13, 87) aufsetzbar ist. Wenn der Kontaktabschnitt (59, 97) von dem Ventilsitz (13, 87) abgehoben ist, wird Kraftstoff zugeführt. Andererseits ist die Kraftstoffzufuhr unterbrochen, wenn der Kontaktabschnitt (59, 97) darauf aufgesetzt ist. Der von der Düsenöffnungsgruppe (60-68) eingespritzte Kraftstoff bildet ein Kraftstoffstrahlmuster, dessen Form entsprechend Innendurchmessers einer spezifischen Düsenöffnung der Düsenöffnungsgruppe (60-68) und einer Düsenöffnung am nächsten zu der spezifischen Düsenöffnung, den Abstand zwischen den beiden Düsenöffnungen (601, 602) und Richtungen des durch die beiden Düsenöffnungen (601, 602) eingespritzten Kraftstoffs gesteuert ist.



DE 199 58 126 A 1

DE 199 58 126 A 1

## Beschreibung

Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf eine Kraftstoffeinspritzdüse für eine Brennkraftmaschine.

Es ist bekannt, dass eine Kraftstoffeinspritzdüse für ein Kraftstoffeinspritzsystem für eine Brennkraftmaschine einen Düsenkörper und eine Ventilnadel darin umfasst. Das Nadelventil rezipriert in dem Düsenkörper, so dass ein Kontaktabschnitt der Ventilnadel auf einem Ventilsitz des Düsenkörpers aufsitzt oder nicht aufsitzt, um intermittierend Kraftstoff zuzuführen.

In einer solchen Kraftstoffeinspritzdüse ist es sehr wichtig, den Kraftstoff hinsichtlich der Verminderung des Kraftstoffverbrauchs, der Verbesserung der Steuerung der Abgasemissionen und der Zuverlässigkeit des Brennkraftmaschinenbetriebs zu zerstäuben. Insbesondere ist der Durchmesser kleinster Partikel, die ein Kraftstoffstrahlmuster bilden, das durch die Düse eines Direktinspritzersystems (Motor-Zylinderdirektinspritzung) eingespritzt wird, von entscheidendem Einfluß auf den von einer Brennkraftmaschine abgegebenen Schwarzauch. Folglich ist die Kraftstoffzerstäubung eine der wichtigsten Aufgaben der Kraftstoffeinspritzdüse. Ein Weg der Verbesserung der Kraftstoffzerstäubung ist die Verminderung der Größe der Düsenöffnungen. Jedoch wird, wenn die Größe der Düsenöffnungen kleiner wird, die Kraftstoffdurchlassfläche kleiner, wodurch die Einspritzrate davon vermindert wird. Dies verlängert die Einspritzdauer oder Zeitspanne und der Schwarzauch kann im Gegenteil sogar zunehmen.

Um die obige Schwierigkeit zu lösen, schlagen die JP-A-9-195893 und JP-A-8-240121 Kraftstoffeinspritzdüsen vor, welche eine vergrößerte Anzahl von Düsenbohrungen haben, wodurch die Einspritzrate erhöht ist.

Die in der JP-A-9-195893 beschriebene Einspritzdüse hat Hauptdüsenöffnungen mit einem größeren Innendurchmesser und Hilfsdüsenöffnungen mit einem kleineren Innendurchmesser. Die Hauptdüsenöffnungen und die Hilfsdüsenöffnungen bilden jeweils unterschiedliche Sprühmuster. Dies kann einen Überschuß an Kraftstoff hervorrufen, was zu Schwarzauch führt.

Die in der JP-A-8-240121 beschriebene Einspritzdüse schafft eine Anordnung von Düsenöffnungen, in der Kraftstoffstrahlen von den jeweiligen Düsenöffnungen aufeinander treffen oder prallen, um eine passende Anzahl von Strahlen oder Sprühstrahlen zu bilden. Jedoch erhöht das Aufeinandertreffen die Größe der Kraftstoffpartikel und vermindert deren Impuls. Im Ergebnis kann der versprühte Kraftstoff nicht vordringen oder sich über das Innere einer Brennkammer einer Brennkraftmaschine verbreiten und der Schwarzauch kann nicht wirksam vermindert werden.

Eine Hauptaufgabe der Erfindung ist es, eine verbesserte Kraftstoffeinspritzdüse zu schaffen, die den von einer Brennkraftmaschine abgegebenen Schwarzauch vermindert, und ein anderes Ziel der Erfindung ist es, eine verbesserte Düse zu schaffen, welche eine passende Anzahl von Kraftstoffstrahlen und ein passendes Kraftstoffstrahlmuster schafft, das entsprechend einem Brennkraftmaschinentyp oder einer Brennkraftmaschinenleistung gesteuert ist.

In einer Kraftstoffeinspritzdüse gemäß einem Hauptmerkmal der Erfindung ist ein Düsenkörper mit mindestens einer Düsenöffnungsgruppe und einer Ventilnadel vorgesehen. Die Ventilnadel ist durch den Düsenkörper gehalten, um darin reziprieren zu können. Die Ventilnadel hat einen Kontaktabschnitt, der auf den Ventilsitz aufsetzbar ist, wodurch Kraftstoff zugeführt wird, wenn der Kontaktabschnitt von dem Ventilsitz abgehoben ist, und die Kraftstoffzufuhr zu unterbrechen, wenn der Kontaktabschnitt darauf aufsitzt. Von jeder der Vielzahl von Düsenöffnungsgruppen einge-

spritzter Kraftstoff bildet ein Kraftstoffstrahlmuster, dessen Form entsprechend den Innendurchmessern einer spezifischen Düsenöffnung und der zu der spezifischen Düsenöffnung nächsten Düsenöffnung, den Abstand zwischen den beiden Düsenöffnungen und den Richtungen des durch die beiden Düsenöffnungen eingespritzten Kraftstoffs gesteuert ist.

Durch die einzelnen Kraftstoffstrahlmuster oder Verteilungen sind Kraftstoffpartikel daran gehindert miteinander zu kollidieren, so dass die Partikelgröße für eine passende Kraftstoffzerstäubung ausreichend klein gehalten werden kann. Das Kraftstoffstrahlmuster kann gesteuert werden, um zu verschiedenen Typen von Brennkraftmaschinen zu passen. Dies ist besonders wirksam, um den Schwarzauch zu steuern bzw. zu beherrschen.

In der Kraftstoffeinspritzdüse kann eine Vielzahl von Düsenöffnungsgruppen in Umfangsrichtung des Düsenkörpers ausgebildet sein. Jede der Düsenöffnungsgruppen hat mindestens eine Düsenöffnung mit kreisförmigen Querschnitt senkrecht zur Richtung des daraus eingespritzten Kraftstoffs. Dies erhöht die Durchdringungskraft des Kraftstoffstrahlmusters. In der Kraftstoffeinspritzdüse kann ein Abstand L zwischen dem Umfang der spezifischen Düsenöffnung und dem Umfang der dichtesten Düsenöffnung als  $L \leq 2 \times D$  ausgedrückt werden, wobei D der Innendurchmesser von einer von der spezifischen Düsenöffnung und der nächsten Düsenöffnung ist, der nicht kleiner ist als der andere. Dies passt für eine Brennkraftmaschine großer Größe und mit hohem Verdichtungsverhältnis.

In der Kraftstoffeinspritzdüse kann das Kraftstoffstrahlmuster einen doppelkreisförmigen Querschnitt senkrecht zu der Richtung des davon eingespritzten Kraftstoffs haben. Der Abstand L zwischen dem Umfang der spezifischen Düsenöffnung und dem Umfang der nächsten Düsenöffnung kann als  $2 \times D < L \leq 5 \times D$  ausgedrückt werden, wobei D der Innendurchmesser von einer von der spezifischen Düsenöffnung und der nächsten Düsenöffnung ist, die nicht kleiner ist als die andere. Dies passt zu einer kleinen und niedrig verdichtenden Brennkraftmaschine.

Andere Ziele, Merkmale und Eigenschaften der vorliegenden Erfindung sowie die Funktionen der dazugehörigen Teile der vorliegenden Erfindung werden aus der nachfolgenden genauen Beschreibung, den beigefügten Ansprüchen und der Zeichnung deutlicher. In der Zeichnung ist:

Fig. 1 eine Teilschnittansicht eines Hauptabschnitts einer Kraftstoffeinspritzdüse gemäß einem ersten Ausführungsbeispiel der Erfindung;

Fig. 2 eine Seitenansicht der in Fig. 1 gezeigten Kraftstoffeinspritzdüse von einem Abschnitt II gesehen;

Fig. 3 ein Kraftstoffeinspritzventil mit der Düse gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel;

Fig. 4A ein Graph, der die Beziehung zwischen der Größe eines Kraftstoffpartikels und einem Verhältnis L/D zeigt und

Fig. 4B ein Graph, der die Beziehung zwischen einer Querschnittsfläche eines Strahlmusters und dem Verhältnis L/D sowie die Beziehung zwischen der Form des Strahlmusters und dem Verhältnis L/D zeigt;

Fig. 5 ein Graph, der die Beziehung zwischen der Größe eines Kraftstoffpartikels,  $\theta$  und der Form des Strahlmusters zeigt;

Fig. 6 ein Graph, der die Beziehung zwischen  $\theta$  und dem Verhältnis L/D zeigt;

Fig. 7 ein schematisches Diagramm, welches eine Positionsbeziehung zwischen einem Düsenöffnungsabschnitt einer Düse gemäß einem zweiten Ausführungsbeispiel der Erfindung zeigt;

Fig. 8A eine Seitenansicht einer Kraftstoffeinspritzdüse gemäß einem dritten Ausführungsbeispiel der Erfindung

und Fig. 8B eine vergrößerte schematische Darstellung, die Düsenöffnungen der in Fig. 8A gezeigten Düse zeigt;

Fig. 9A eine Seitenansicht einer Kraftstoffeinspritzdüse gemäß einem vierten Ausführungsbeispiel der Erfindung und Fig. 9B eine vergrößerte schematische Darstellung, die Düsenöffnungen der in Fig. 9A gezeigten Düse zeigt;

Fig. 10A eine Seitenansicht einer Kraftstoffeinspritzdüse gemäß einem fünften Ausführungsbeispiel der Erfindung und Fig. 10B eine vergrößerte schematische Darstellung, die Düsenöffnungen der in Fig. 10A gezeigten Düse zeigt;

Fig. 11A eine Seitenansicht einer Kraftstoffeinspritzdüse gemäß einem sechsten Ausführungsbeispiel der Erfindung und Fig. 11B eine vergrößerte schematische Darstellung, die Düsenöffnungen der in Fig. 11A gezeigten Düse zeigt;

Fig. 12 eine Abwicklungsdarstellung, die Düsenöffnungen der Düse gemäß dem sechsten Ausführungsbeispiel zeigt;

Fig. 13 eine Abwicklungsdarstellung, die Düsenöffnungen der Düse gemäß einem siebten Ausführungsbeispiel der Erfindung zeigt;

Fig. 14 eine Abwicklungsdarstellung, die Düsenöffnungen der Düse gemäß einer Abwandlung des siebten Ausführungsbeispiels zeigt;

Fig. 15 eine Teilschnittansicht eines Hauptabschnitts einer Kraftstoffeinspritzdüse gemäß einem achten Ausführungsbeispiel der Erfindung;

Fig. 16 eine Teilschnittansicht eines Hauptabschnitts einer Kraftstoffeinspritzdüse gemäß einem neunten Ausführungsbeispiel der Erfindung;

Fig. 17 ein Kraftstoffeinspritzventil mit einer Düse gemäß einem zehnten Ausführungsbeispiel der Erfindung; und

Fig. 18 eine vergrößerte geschnittene Seitenansicht eines Hauptabschnitts der Düse gemäß dem zehnten Ausführungsbeispiel. Verschiedene Düsen gemäß den Ausführungsbeispielen der vorliegenden Erfindung werden nachfolgend unter Bezugnahme auf die beigelegte Zeichnung erläutert.

#### Erstes Ausführungsbeispiel

Eine Düse eines Kraftstoffeinspritzventils für einen Dieselmotor ist unter Bezugnahme auf Fig. 1-3 beschrieben.

Wie in Fig. 3 gezeigt ist, umfasst ein Kraftstoffeinspritzventil 1 eine Kraftstoffeinspritzdüse 10, einen Düsenhalter 20, eine Haltemutter 30 und ein Abstandstück 40. Die Haltemutter 30 verbindet den Düsenhalter 20, das Abstandstück 40 und die Einspritzdüse 10 miteinander.

Der Düsenhalter 20 hat einen Kraftstoffeinlass 23, eine erste Federkammer 21 und eine zweite Federkammer 22. Der Kraftstoffeinlass 23 hat einen Kraftstoffdurchlass 24, der über eine Kraftstoffleitung (nicht gezeigt) mit einer Hochdruckpumpe verbunden ist, so dass Hochdruckkraftstoff dem Inneren der Einspritzdüse 10 zugeführt wird.

Die erste Federkammer 21 nimmt darin eine erste Feder 211, eine Unterlagscheibe 212 und einen Flansch 51 einer Ventildüse 50 auf. Die erste Feder 211 ist komprimiert zwischen dem Flansch 51 und der Unterlagscheibe 212 angeordnet, um die Ventildüse 50 abwärts oder in eine Ventilschließrichtung vorzuspannen.

Die zweite Federkammer 22 nimmt darin eine zweite Feder 221, eine Unterlagscheibe 222, eine Federkappe 223 und einen Federsitz 224 auf. Die zweite Feder 221 ist komprimiert zwischen dem Federsitz 224 und der Unterlagscheibe 222 angeordnet. Die Unterlagscheibe 222 ist in Kontakt mit der Federkappe 223, welche auf einem Stufenabschnitt 225 ruht, der an der oberen Wand der zweiten Federkammer 22 ausgebildet ist, so dass die zweite Feder 221 den Federsitz 224 gegen das Abstandstück 40 vorspannt.

Das Abstandstück 40 hat eine Ausnehmung und ein Durchgangsloch, welche einen Stufenabschnitt 41 bilden, und die Unterlagscheibe 42 ist von dem Stufenabschnitt 41 beabstandet in der Ausnehmung angeordnet. Der Abstand zwischen dem Stufenabschnitt 41 und der Unterlagscheibe 42 bestimmt einen maximalen Hebeweg der Ventildüse 50. Andererseits bestimmt der Abstand zwischen der Unterlagscheibe 42 und dem Federsitz 224 einen anfänglichen Hebeweg.

Das Kraftstoffeinspritzventil 1 hat eine Kraftstoffeinspritzdüse 10, welche einen Düsenkörper 11 und eine Ventildüse 50 hat, die innerhalb des Düsenkörpers 11 angeordnet ist, um gleitend in dessen Axialrichtung zu reziprokieren.

Der Düsenkörper 11 ist ein hohles zylindrisches Element, welches eine Führungsbohrung 12, einen Ventilsitz 13, einen Düsenöffnungsabschnitt 60, einen Kraftstoffdurchlass 14, einen Kraftstoffspeicher 15 und eine Kraftstoffzufuhrleitung 16 hat. Die Führungsbohrung 12 erstreckt sich axial innerhalb des Düsenkörpers 11 und ist mit einem Ende davon mit dem Kraftstoffspeicher 15 verbunden. Die Führungsbohrung 12 hat nahezu den gleichen Innendurchmesser zwischen dem offenen Ende 17 des Düsenkörpers 11 und dem Kraftstoffspeicher 15.

Wie in Fig. 1 gezeigt ist, hat der Ventilsitz 13 eine allgemein konische Oberfläche, deren größeres Basisende mit dem Kraftstoffdurchlass 14 verbunden ist. Die Ventildüse 50 hat einen Kontaktabschnitt 59 zum Kontakt mit dem Ventilsitz 13.

Die Düsenöffnungsgruppe 60 hat eine Vielzahl von Paaren von Düsenöffnungen 601 und 602, die in Umfangsrichtung des Düsenkörpers 11 und darin ausgebildet sind. Wie in Fig. 1 gezeigt ist, sind die Paare von Düsenöffnungen in der Nähe des Ventilsitzes 13 ausgebildet, um die Außenseite und die Innenseite des Düsenkörpers 11 zu verbinden und Kraftstoffeinlässe an der Innenwand des Ventilsitzes 13 zu haben.

Wie in Fig. 3 gezeigt ist, erstreckt sich der Kraftstoffdurchlass 14 axial innerhalb des Düsenkörpers 11, um an einem Ende mit dem Ventilsitz 13 und an dem anderen Ende mit dem Kraftstoffspeicher 15 verbunden zu sein. Der Kraftstoffspeicher 15 ist eine ringförmige Nut, die an dem Zwischenabschnitt zwischen der Führungsbohrung 12 und dem Kraftstoffdurchlass 14 ausgebildet ist. Die Kraftstoffzufuhrleitung 16 ist in dem Düsenkörper 11 zu dessen Achse geneigt ausgebildet, um mit dem Kraftstoffspeicher 15 verbunden zu sein. Ein Hohlraum 18 ist an der inneren Spitze des Düsenkörpers 11 ausgebildet. Der Hohlraum 18 hat eine Form, die aus einem Hohlzylinder und einer darunter angeordneten hohlen Halbkugel zusammengesetzt ist.

Die Ventildüse 50 ist ein säulenförmiges Element, welches einen Flansch 51, einen Stababschnitt 52, einen Halsabschnitt 53, einen Gleitabschnitt 54, einen Säulenabschnitt 55, einen ersten konischen Abschnitt 56, einen zweiten konischen Abschnitt 57 und eine konische Spitze 58 hat.

Der Flansch 51 ist an dem Ende davon ausgebildet, das dem Düsenöffnungsabschnitt 60 gegenüber liegt, und ein Ende der ersten Feder 211 liegt an dem Flansch 51 an. Der Stababschnitt 52 hat einen Außendurchmesser, welcher ein wenig kleiner ist als der Innendurchmesser der Federkappe 223 und des Federsitzes 224. Der Halsabschnitt 53 hat ein oberes Ende, das mit dem Stababschnitt 52 verbunden ist, und ein unteres Ende, das mit dem Gleitabschnitt 54 verbunden ist. Der Halsabschnitt 53 hat einen Außendurchmesser, der ein wenig kleiner ist als der Innendurchmesser der Unterlagscheibe 42.

Der Gleitabschnitt 54 hat den gleichen Außendurchmesser über seine Länge und passt lose in die Führungsbohrung 12, um darin reziprokieren zu können. Der Gleitabschnitt 54

hat ein oberes Ende, das mit dem Halsabschnitt 53 verbunden ist, und ein unteres Ende, das mit dem ersten konischen Abschnitt 56 verbunden ist. Der erste konische Abschnitt 56 hat ein größeres oberes Ende, das mit dem Gleitabschnitt verbunden ist, und ein kleineres unteres Ende, das mit dem Säulenabschnitt 55 verbunden ist. Der Säulenabschnitt 55 hat den gleichen Außendurchmesser über seine Länge und kann in seiner Axialrichtung reziprokieren. Der Säulenabschnitt 55 hat ein oberes Ende, das mit dem ersten konischen Abschnitt 56 verbunden ist, und ein unteres Ende, das mit dem zweiten konischen Abschnitt 57 verbunden ist. Der zweite konische Abschnitt 57 hat ein größeres oberes Ende, das mit dem Säulenabschnitt 55 verbunden ist, und ein kleineres unteres Ende, das mit der konischen Spitze 58 verbunden ist. Der Kontaktabschnitt 59 ist der ringförmige Zwischenabschnitt, der zwischen dem zweiten konischen Abschnitt 57 und der konischen Spitze 58 ausgebildet ist. Der Kontaktabschnitt 59 sitzt auf dem Ventilsitz 13 auf, wenn das Einspritzventil 1 schließt, um die Kraftstoffeinspritzung zu unterbrechen.

Wie in Fig. 1 und 2 gezeigt ist, hat die Düsenöffnungsgruppe 60 eine Mehrzahl von Paaren aus erster Düsenöffnung 601 und zweiter Düsenöffnung 602. Jede der Düsenöffnungen 601 und 602 ist ein zylindrischer Durchlass, welcher einen gleichmäßigen Innendurchmesser über die Länge von einem an der Innenoberfläche des Düsenkörpers 11 ausgebildeten Kraftstoffeinlass zu einem an der Außenfläche davon ausgebildeten Kraftstoffauslass hat. Jedoch kann der Innendurchmesser der ersten Düsenöffnung 601 entweder gleich oder verschieden von dem der zweiten Düsenöffnung 602 sein.

Wie in Fig. 1 und 2 gezeigt ist, haben die Kraftstoffauslässe der Düsenöffnungen 601 und 602, die an der Außenfläche des Düsenkörpers 11 ausgebildet sind, jeweils Innendurchmesser D und der kürzeste Abstand zwischen zwei Auslässen beträgt L. Jede der Düsenöffnungen 601 und 602 ist entsprechend den nachfolgenden Bedingungen ausgebildet:

- (a)  $L \leq 2 \times D$  oder (b)  $2 \times D < L \leq 5 \times D$  und
- (c) die Mittelachse der Düsenöffnung 601 ist parallel mit der Mittelachse der Düsenöffnung 602 ausgebildet oder
- (d)  $0^\circ < \theta \leq 15^\circ$ .

Die Bedingung (a) oder die Bedingung (b) ist entsprechend einer Leistung und einem Typ der Brennkraftmaschine bestimmt, auf die die Einspritzdüse angewandt ist, weil es für eine Brennkraftmaschine erforderlich ist, einen Kraftstoffstrahl wirksam mit umgebender Luft zu vermischen. Beispielsweise soll eine großbemessene Brennkraftmaschine, eine mit hohem Verdichtungsverhältnis oder eine mit starken Wirbeln einen Kraftstoffstrahl haben, der eine hohe Durchdringungskraft hat. Andererseits soll eine kleinemessene Brennkraftmaschine, eine mit niedrigem Verdichtungsverhältnis oder mit kleinen Wirbeln einen Kraftstoffstrahl haben, der eine große Oberfläche in Kontakt mit umgebender Luft hat, so dass sich der Kraftstoffstrahl mit der umgebenden Luft in der Nähe der Einspritzdüse 10 vermischen kann.

Der Kraftstoffstrahl mit hoher Durchdringungskraft soll einen kreisförmigen Querschnitt haben, der senkrecht zu einer Einspritzrichtung ist, um ein einzelnes Strahlmuster zu bilden, welches aus Kraftstoffpartikeln gebildet ist, die durch ein Paar von Düsenöffnungen 601 und 602 eingespritzt sind. Andererseits soll der Kraftstoffstrahl mit einer großen Oberfläche in Kontakt mit der umgebenden Luft einen doppelkreisförmigen Querschnitt haben, der senkrecht

zu der Einspritzrichtung ist, um ein einzelnes Strahlmuster zu bilden, welches aus Kraftstoffpartikeln gebildet ist, die durch ein Paar von Düsenöffnungen 601 und 602 eingespritzt sind.

Wie in Fig. 4 gezeigt ist, ist, wenn Kraftstoffpartikel von einem Paar von Düsenöffnungen 601 und 602 eingespritzt werden, die Größe jedes Kraftstoffpartikels gleich, ungeachtet eines Verhältnisses L/D. Dies bedeutet, dass der Abstand zwischen den Düsenöffnungen 601 und 602 die Zerstäubung der Kraftstoffpartikel nicht beeinflusst. Wenn der Abstand länger wird und folglich das Verhältnis L/D größer wird, ändert sich der Querschnitt des Kraftstoffstrahlmusters von einem Kreis zu einem Doppelkreis und zu zwei Kreisen, wenn das Verhältnis L/D größer als 5 wird. Zwei oder mehr Kreise bewirken eine übermäßige Anzahl von Kraftstoffstrahlen.

Somit kann, wie in Fig. 4 gezeigt ist, der Einzelkreisquerschnitt für einen Kraftstoffstrahl mit hoher Durchdringungskraft unter der Bedingung (a):  $L \leq 2 \times D$  gebildet werden. Andererseits kann der Doppelkreisquerschnitt für den Strahl mit einer großen Luftkontaktoberfläche unter der Bedingung (b):  $2 \times D < L \leq 5 \times D$  gebildet werden.

Wie in Fig. 5 gezeigt ist, kann bei  $L/D = 1$ , wenn ein Winkel  $\theta$  kleiner als  $0^\circ$  ist, ein Einzelkreisquerschnitt gebildet werden. Jedoch ist die Durchdringungskraft nicht ausreichend hoch, weil die eingespritzten Kraftstoffpartikel miteinander kollidieren, wodurch die Größe der Partikel vergrößert wird. Dies behindert die Kraftstoffzerstäubung und vermindert die Durchdringungskraft. Wenn andererseits der Winkel  $\theta$  größer als  $15^\circ$  ist, wird die Anzahl der Kraftstoffstrahlen zwei oder mehr.

Wenn ein Winkel  $\theta$  größer als  $0^\circ$  und nicht größer als  $15^\circ$  ist, kann der Einzelkreisquerschnitt für hohe Durchdringungskraft gebildet werden, weil die von den jeweiligen Düsenöffnungen 601 und 602 eingespritzten Kraftstoffpartikel nicht miteinander kollidieren.

Wenn der Winkel  $\theta$  größer als  $5^\circ$  und nicht größer als  $15^\circ$  ist, wird ein Doppelkreisquerschnitt für den Kraftstoffstrahl gebildet, der eine große Luftkontaktoberfläche hat.

Wenn andererseits die Mittelachsen von sowohl der innersten Düsenöffnung 601 und der zweiten Düsenöffnung 602 zueinander parallel sind, kann der Einzelkreisquerschnitt für den Kraftstoffstrahl gebildet werden.

Wie in Fig. 5 gezeigt ist, kann, bei einem Verhältnis L/D von 1, der gewünschte Kraftstoffstrahl nicht gebildet werden, wenn der Winkel  $\theta$  kleiner als  $0^\circ$  oder größer als  $15^\circ$  ist, auch wenn der Abstand L geändert wird.

Die obigen Bedingungen sind in Fig. 6 gezeigt. Wenn das Verhältnis L/D bei einem Winkel  $\theta$  von  $5^\circ$  etwa 1,5 oder mehr wird, verändert sich der Einzelkreisquerschnitt in den Doppelkreisquerschnitt. Wenn das Verhältnis L/D bei einem Winkel  $\theta$  von  $15^\circ$  etwa 3,5 oder mehr wird, verändert sich der Doppelkreisquerschnitt in zwei Kreisquerschnitte.

Wenn der Druck des durch die Einspritzdüse in Brennkammer einer Brennkraftmaschine einzuspritzenden Kraftstoffs, welcher in etwa gleich dem Druck des von einer Druckpumpe (nicht gezeigt) zugeführten Kraftstoffs ist, auf einem üblichen Druckniveau (z. B. 20 MPa–180 MPa) ist, kann der gewünschte Querschnitt des Kraftstoffstrahls geschaffen werden.

Das Kraftstoffeinspritzventil arbeitet auf die folgende Weise.

(1) Eine Menge von hochbedrucktem Kraftstoff wird dem Kraftstoffeinlass 23 durch eine Kraftstoffleitung (nicht gezeigt) zugeführt. Der Kraftstoff passiert den Kraftstoffdurchlass 24, die Kraftstoffversorgungsleitung 16, den Kraftstoffspeicher 15 und wird in dem Kraftstoffdurchlass 14 gesammelt. Wenn der Kraftstoffdruck in dem Kraftstoff-

durchlass zunimmt und höher wird als eine Vorspannkraft der ersten Feder 211, die auf die Ventalnadel 50 aufgebracht wird, wird die Ventalnadel 50 angehoben, so dass der Kontaktabschnitt 59 den Ventilsitz 13 verlässt. Somit öffnet das Einspritzventil 1, um den Kraftstoff aus einer Vielzahl von Paaren von Düsenöffnungen 601 und 602 einzuspritzen.

(2) Wenn der Kraftstoffdruck in dem Kraftstoffdurchlass 14 weiter zunimmt, wird die Ventalnadel weiter angehoben, so dass die Unterlagscheibe 42 an dem Federsitz 224 anliegt. Dieser Zustand oder diese Stufe ist der Anfangshebezustand der Ventalnadel 50. Wenn der Kraftstoffdruck in dem Kraftstoffdurchlass 14 weiter ansteigt und höher wird als die Summe der Vorspannkräfte der ersten Feder 211 und der zweiten Feder 221, gelangt die Unterlagscheibe 242 in Anlage mit dem Stufenabschnitt 41 des Abstandsstücks 40. Dies ist der voll angehobene Zustand der Unterlagscheibe 42.

(3) Wenn die Hochdruckpumpe angehalten wird, nimmt der Kraftstoffdruck in dem Kraftstoffdurchlass 14 ab und wird niedriger als die Summe der Vorspannkräfte der ersten Feder 211 und der zweiten Feder 221 und die Ventalnadel senkt sich, um den Kontaktabschnitt 59 auf den Ventilsitz 23 aufzusetzen. Dies unterbricht die Kraftstoffeinspritzung.

Somit kann das Kraftstoffstrahlmuster entsprechend der Anordnung der Paare von Düsenöffnungen 601 und 602 gesteuert werden.

#### Zweites Ausführungsbeispiel

Wie in Fig. 7 gezeigt ist, sind drei zweite Düsenöffnungen 612a, 612b und 612c auf einem Kreis um die erste Düsenöffnung 611 angeordnet, um eine Düsenöffnungsgruppe 61 zu bilden. Der Abstand R – oder der Radius R des Kreises – zwischen der ersten Düsenöffnung 611 und jeder der Mitten der zweiten Düsenöffnungen 612a, 612b und 612c ist gleich  $(D_1/2 + L + D_2/2)$ , wobei  $D_1$  ein Innendurchmesser der ersten Düsenöffnung und  $D_2$  ein Innendurchmesser von jeder der zweiten Düsenöffnungen ist.

Der Winkel  $\theta$  zwischen der ersten Düsenöffnung 611 und jeder der zweiten Düsenöffnungen 612a, 612b und 612c ist der gleiche wie in dem ersten Ausführungsbeispiel.

Die Düsenöffnungsgruppe 61 gemäß dem zweiten Ausführungsbeispiel der Erfindung kann nicht nur das Kraftstoffstrahlmuster sondern auch den Ort des Kraftstoffstrahls steuern.

#### Drittes Ausführungsbeispiel

Wie in Fig. 8A und 8B gezeigt ist, ist eine Düsenöffnungsgruppe 622 aus einer ersten Düsenöffnung 621, einer zweiten Düsenöffnung 622 und einer dritten Düsenöffnung 623 gebildet, die jeweils an Spitzen oder Ecken eines schiefwinkligen Dreiecks angeordnet sind.

Es besteht die Bedingung (a) oder (b) gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel zwischen der ersten Düsenöffnung 621 und der zweiten Düsenöffnung 622 sowie zwischen der zweiten Düsenöffnung 622 und der dritten Düsenöffnung 623. Obwohl der Abstand zwischen der ersten Düsenöffnung 621 und der dritten Düsenöffnung 623 nicht der kürzeste ist, liegt die Bedingung (a) oder (b) vor.

Es liegt zudem die Bedingung (c) oder (d) zwischen zwei von der ersten, der zweiten und der dritten Düsenöffnung 621, 622 und 623 vor, so dass das gewünschte Einzelkraftstoffstrahlmuster gebildet werden kann. Das schiefwinklige Dreieck kann in ein gleichschenkliges Dreieck geändert werden.

#### Viertes Ausführungsbeispiel

Wie in Fig. 9A und 9B gezeigt ist, ist eine Düsenöffnungsgruppe 63 aus einer ersten Düsenöffnung 631, einer zweiten Düsenöffnung 632 und einer dritten Düsenöffnung 633 gebildet, die in Axialrichtung der Einspritzdüse ausgerichtet sind. Der Abstand zwischen Düsenöffnungen 631 und 632 ist größer als der Abstand zwischen Düsenöffnungen 632 und 633. Somit besteht die Bedingung (a) oder (b) des ersten Ausführungsbeispiels lediglich zwischen der Düsenöffnung 631 und der Düsenöffnung 632. Jedoch kann der Abstand zueinander gleich sein.

Es besteht die Bedingung (c) oder (d) gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel nicht nur zwischen der ersten Düsenöffnung 631 und der zweiten Düsenöffnung 632, sondern auch zwischen der zweiten Düsenöffnung 632 und der dritten Düsenöffnung 633.

#### Fünftes Ausführungsbeispiel

Wie in Fig. 10A und 10B gezeigt ist, ist eine Düsenöffnungsgruppe 64 aus einer ersten Düsenöffnung 641, einer zweiten Düsenöffnung 642, einer dritten Düsenöffnung 643 und einer vierten Düsenöffnung 644 gebildet, die jeweils an den Spitzen oder Ecken eines Vierseits oder Vierecks angeordnet sind.

Es besteht sowohl die Bedingung (a) oder (b) als auch die Bedingung (c) oder (d) gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel zwischen der ersten Düsenöffnung 641 und der zweiten Düsenöffnung 642 wegen des kürzesten Abstands dazwischen.

Jedoch besteht zudem die Bedingung (a) oder (b) gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel zwischen der ersten Düsenöffnung 641 und der vierten Düsenöffnung 644, zwischen der zweiten Düsenöffnung 642 und der dritten Düsenöffnung 643 sowie zwischen der dritten Düsenöffnung 643 und der vierten Düsenöffnung 644.

Andererseits besteht keine solche Bedingung zwischen der ersten Düsenöffnung 641 und der dritten Düsenöffnung 643 sowie zwischen der zweiten Düsenöffnung 642 und der vierten Düsenöffnung 644.

Das Vierseit oder Viereck kann entweder rechteckig oder nicht rechteckig sein.

#### Sechstes Ausführungsbeispiel

Wie in Fig. 11A und 11B gezeigt ist, ist eine Düsenöffnungsgruppe 65 aus einem Paar 651 mit einer ersten Düsenöffnung 651a sowie einer zweiten Düsenöffnung 651b und einer dritten Düsenöffnung 652 gebildet. Es besteht die Bedingung (a) oder (b) gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel zwischen der ersten Düsenöffnung 651a und der zweiten Düsenöffnung 651b. Andererseits besteht eine solche Bedingung weder zwischen der ersten Düsenöffnung 651a und der dritten Düsenöffnung 652 noch zwischen der zweiten Düsenöffnung 651b und der dritten Düsenöffnung 652.

Wie in Fig. 12 gezeigt ist, sind fünf Düsenöffnungsgruppen 65 an einem Düsenkörper 11 in Umfangsrichtung davon in Winkelintervallen von  $72^\circ$  ausgebildet.

#### Siebttes Ausführungsbeispiel

Wie in Fig. 13 gezeigt ist, ist jede von Düsenöffnungsgruppen 66 aus einer ersten Düsenöffnung 661 und einer zweiten Düsenöffnung 662 gebildet. Eine dritte Düsenöffnung 663 ist zudem zwischen jeweils zweien von vier Düsenöffnungsgruppen 66 ausgebildet. Somit sind die Düsenöffnungsgruppe 66 und die dritte Düsenöffnung 663 ab-

wechselnd am Umfang des Düsenkörpers 11 mit Winkelintervallen von 60° angeordnet. Jedoch kann die Anzahl dritter Düsenöffnungen 663 von drei auf zwei vermindert werden, wie in Fig. 14 gezeigt ist.

Es bestehen sowohl die Bedingung (a) oder (b) als auch die Bedingung (c) oder (d) gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel zwischen der ersten Düsenöffnung 661 und der zweiten Düsenöffnung 662.

Die Düsenöffnungsgruppe 66 kann auch aus drei oder mehr Düsenöffnungen auf die gleiche Weise wie in dem vierten Ausführungsbeispiel gebildet sein.

#### Achtes Ausführungsbeispiel

Wie in Fig. 15 gezeigt ist, ist eine Vielzahl von Düsenöffnungsgruppen 67, von denen jede aus einer ersten Düsenöffnung 671 und einer zweiten Düsenöffnung 672 gebildet ist, um den Hohlraum 18 angeordnet.

#### Neuntes Ausführungsbeispiel

Wie in Fig. 16 gezeigt ist, hat ein Hohlraum 19 eine Form, die aus einem geschnittenen Hohlkegel und einer darunter ausgebildeten hohlen Halbkugel zusammengesetzt ist, die sich von dem Hohlraum 18 der vorhergehenden Ausführungsbeispiele unterscheidet. Einen Vielzahl von Düsenöffnungsgruppen 68, die aus einem Paar aus einer ersten und einer zweiten Düsenöffnung gebildet sind, sind um den Hohlraum 19 angeordnet.

#### Zehntes Ausführungsbeispiel

Wie in Fig. 17 und 18 gezeigt ist, ist eine Kraftstoffeinspritzdüse 80 an einem Düsenhalter (wie er durch Bezugszeichen 20 in Fig. 3 bezeichnet ist) durch eine Haltemutter (wie sie durch Bezugszeichen 30 in Figur bezeichnet ist) befestigt. Die Einspritzdüse 80 umfasst einen Düsenkörper 81 und eine Ventilnadel 90, die in dem Düsenkörper 81 axial reziprierbar angeordnet ist.

Der Düsenkörper 81 hat eine Führungsbohrung 82, eine Kraftstoffzufuhrleitung 84, einen Kraftstoffspeicher 85 und eine Vielzahl von Düsenöffnungsgruppen 83 an einem Ende davon. Der Düsenkörper 81 hat einen Ventilsitz 87 zur Anlage mit einem Kontaktabschnitt 97 der Ventilnadel 90.

Die Führungsbohrung 82 erstreckt sich axial in dem Ventilkörper 81. Die Führungsbohrung 82 hat ein Ende, das mit einem offenen Ende 88 des Düsenkörpers 81 an einem Ende davon verbunden ist, und hat das andere Ende, welches den Ventilsitz 87 bildet.

Die Kraftstoffzufuhrleitung 84 ist in dem Düsenkörper 81 bezüglich seiner Achse geneigt ausgebildet, um mit dem Kraftstoffspeicher 85 an einem Ende verbunden zu sein und mit einer Hochdruckpumpe (nicht gezeigt) an dem anderen Ende verbunden zu sein.

Die Ventilnadel 90 kann in der Führungsbohrung 82 des Düsenkörpers 81 reziprieren. Wie in Fig. 17 gezeigt ist, hat die Ventilnadel 90 einen schlanken oberen Abschnitt 91, einen dicken Abschnitt 92, einen Dichtungsabschnitt 93, einen Kraftstoffdurchlass 94 und einen Kraftstoffdurchlass 95. Ein Kraftstoffdurchlass 96 ist um einen Abschnitt der Ventilnadel ausgebildet, um eine Überschussmenge an Kraftstoff zu dem Kraftstoffspeicher 85 zurückzusenden. Die Ventilnadel 90 hat einen Kontaktabschnitt 97 an ihrer Spitze zum Aufsetzen auf dem Ventilsitz 87.

Die Ventilnadel 90 ist durch eine Feder (nicht gezeigt) abwärts in Richtung der Ventilschließrichtung über einen Düsendruckstift (nicht gezeigt) vorgespannt. Eine Gleitfläche zum Gleiten am Innenumfang der Führungsbohrung 82 des

Düsenkörpers 81 ist an dem Außenumfang der Ventilnadel 90 ausgebildet, mit Ausnahme von dem Abschnitt davon, der den Kraftstoffdurchlass 96 bildet, und dem Dichtabschnitt 93.

Wie in Fig. 18 gezeigt ist, werden die Kraftstoffeinlässe einer Vielzahl von Düsenöffnungsgruppen 83, die an dem Innenumfang der Führungsbohrung 82 ausgebildet sind, unmittelbar durch eine Umfangskante 901 der Ventilnadel 90 geöffnet oder geschlossen. Wenn der Kontaktabschnitt 97 auf dem Ventilsitz 87 aufsitzt, verschließt die Umfangskante 901 die Kraftstoffeinlässe, um die Kraftstoffzufuhr durch die Vielzahl von Düsenöffnungsgruppen unterbrechen. Wenn andererseits der Kontaktabschnitt 97 von dem Ventilsitz 87 abgehoben ist, gibt die Umfangskante 901 die Kraftstoffeinlässe frei, um den Kraftstoff zuzuführen.

Wie in Fig. 18 gezeigt ist, hat jede Düsenöffnungsgruppe 83 ein Paar gleich bemessener oder verschieden bemessener Düsenöffnungen, d. h. eine erste Düsenöffnung 831 und eine zweite Düsenöffnung 832, die die gleichen Bedingungen erfüllen wie eines von den vorhergehenden ersten bis siebten Ausführungsbeispielen.

(1) Eine Menge an hochbedrucktem Kraftstoff wird der Kraftstoffzufuhrleitung 84 zu einem passenden Zeitpunkt zugeführt und wird in dem Kraftstoffdurchlass 95 über den Durchlass 94 gesammelt. Wenn der Kraftstoffdruck in dem Kraftstoffdurchlass 95 zunimmt und höher wird als eine Vorspannkraft, die auf die Ventilnadel 90 aufgebracht ist, wird die Ventilnadel 90 angehoben, so dass der Kontaktabschnitt 97 von dem Ventilsitz 87 abhebt. Somit gibt die Umfangskante 901 Kraftstoffeinlässe der zweiten Düsenöffnungen 902 frei, um Kraftstoff aus den zweiten Düsenöffnungen 602 in die Brennkammer einer Brennkraftmaschine einzuspritzen.

(2) Wenn der Kraftstoffdruck in dem Kraftstoffdurchlass 14 nicht hoch genug ist, um die Ventilnadel 90 anzuheben, wird Kraftstoff lediglich aus den zweiten Düsenöffnungen 832 eingespritzt.

(3) Wenn der Kraftstoffdruck in dem Kraftstoffdurchlass 95 weiter ansteigt, wird die Ventilnadel 90 weiter angehoben, so dass die Umfangskante 901 die Kraftstoffeinlässe der ersten Düsenöffnungen 831 freigibt, um Kraftstoff von sowohl den zweiten Düsenöffnungen 832 als auch den ersten Düsenöffnungen 831 einzuspritzen.

(4) Wenn die Hochdruckpumpe angehalten wird, nimmt der Kraftstoffdruck in dem Kraftstoffdurchlass 95 ab und die Ventilnadel 90 senkt sich wobei die Umfangskante 901 die ersten und zweiten Düsenöffnungen 831 und 832 schließt. Dies unterbricht die Kraftstoffeinspritzung.

Somit wird die Anzahl der Düsenöffnungen entsprechend dem Hebebetrag der Ventilnadel 90 gesteuert, um das Kraftstoffstrahlmuster und die Kraftstoffmenge zu steuern. Diese Erfindung kann auf Kraftstoffeinspritzventile anderen Typs angewandt werden, wie solenoid-betriebene Kraftstoffeinspritzventile sowie auf Kraftstoffeinspritzventile für anderer Brennkraftmaschinentypen, wie eine Benzineinspritzungs-Brennkraftmaschine.

Eine Kraftstoffeinspritzdüse umfasst einen Düsenkörper 11 und einen Ventilsitz. Der Düsenkörper 11 hat mindestens eine Düsenöffnungsgruppe 60-68, die aus einer Vielzahl von Düsenöffnungen gebildet ist. Der Düsenkörper 11 trägt eine Ventilnadel 50, 90, die reziprieren kann und einen Kontaktabschnitt 59, 97 hat, der auf den Ventilsitz 13, 87 aufsetzbar ist. Wenn der Kontaktabschnitt 59, 97 von dem Ventilsitz 13, 87 abgehoben ist, wird Kraftstoff zugeführt. Andererseits ist die Kraftstoffzufuhr unterbrochen, wenn der Kontaktabschnitt 59, 97 darauf aufgesetzt ist. Der von der Düsenöffnungsgruppe 60-68 eingespritzte Kraftstoff bildet ein Kraftstoffstrahlmuster, dessen Form entsprechend



Innendurchmessern einer spezifischen Düsenöffnung der Düsenöffnungsgruppe 60–68 und einer Düsenöffnung am nächsten zu der spezifischen Düsenöffnung, den Abstand zwischen den beiden Düsenöffnungen 601, 602 und Richtungen des durch die beiden Düsenöffnungen 601, 602 eingespritzten Kraftstoffs gesteuert ist.

den, wobei  $0^\circ < \theta \leq 15^\circ$  ist.

Hierzu 14 Seite(n) Zeichnungen

#### Patentansprüche

1. Kraftstoffeinspritzdüse, mit:  
 einem Düsenkörper (11) mit mindestens einer Düsenöffnungsgruppe (60–68) und einem Ventilsitz (13, 87),  
 und  
 einer Ventilnadel (50, 90) die durch den Düsenkörper (11) gehalten ist, um reziprokierbar zu sein und einen Kontaktabschnitt (59, 97) hat, der auf den Ventilsitz aufsetzbar ist, um dadurch Kraftstoff zuzuführen, wenn der Kontaktabschnitt (59, 97) von dem Ventilsitz abgehoben ist, und die Kraftstoffzufuhr zu unterbrechen, wenn der Kontaktabschnitt (59, 97) darauf aufgesetzt ist, **dadurch gekennzeichnet**, dass  
 der von der Vielzahl der Düsenöffnungsgruppen (60–68) eingespritzte Kraftstoff ein Kraftstoffstrahlmuster bildet, dessen Form entsprechend den Innendurchmessern einer spezifischen Düsenöffnung (601) der Vielzahl von Düsenöffnungsgruppen (60–68) und einer zu der spezifischen Düsenöffnung (601) nächsten Düsenöffnung (602), den Abstand zwischen den beiden Düsenöffnungen (601, 602) und die Richtungen des durch die beiden Düsenöffnungen (601, 602) eingespritzten Kraftstoff gesteuert ist.
2. Kraftstoffeinspritzdüse nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass eine Vielzahl von den Düsenöffnungsgruppen (60–68) in Umfangsrichtung des Düsenkörpers (11) ausgebildet sind.
3. Kraftstoffeinspritzdüse nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Düsenöffnungsgruppe (60–68) mindestens eine Düsenöffnung (601) mit einem kreisförmigen Querschnitt senkrecht zu der Richtung des davon eingespritzten Kraftstoffs hat.
4. Kraftstoffeinspritzdüse nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass ein Abstand  $L$  zwischen dem Umfang der spezifischen Düsenöffnung (601) und dem Umfang der nächsten Düsenöffnungen (602) als  $L \leq 2 \times D$  ausgedrückt ist, wobei  $D$  der Innendurchmesser von einer von der spezifischen Düsenöffnung (601) und der nächsten Düsenöffnung (602) ist, die nicht kleiner ist als die andere.
5. Kraftstoffeinspritzdüse nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass das Kraftstoffstrahlmuster einen doppelkreisförmigen Querschnitt senkrecht zu der Richtung des davon eingespritzten Kraftstoffs hat.
6. Kraftstoffeinspritzdüse nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass ein Abstand  $L$  zwischen dem Umfang der spezifischen Düsenöffnung (601) und dem Umfang der nächsten Düsenöffnungen (602) als  $2 \times D < L \leq 5 \times D$  ausgedrückt ist, wobei  $D$  der Innendurchmesser von einer von der spezifischen Düsenöffnungen (601) und der nächsten Düsenöffnungen (602) ist, die nicht kleiner ist als die andere.
7. Kraftstoffeinspritzdüse nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Mittelachse der spezifischen Düsenöffnung (601) und die Mittelachse der nächsten Düsenöffnungen (602) zueinander parallel sind oder einander mit einem Winkel  $\theta$  überschnei-

- Leerseite -



FIG. 1

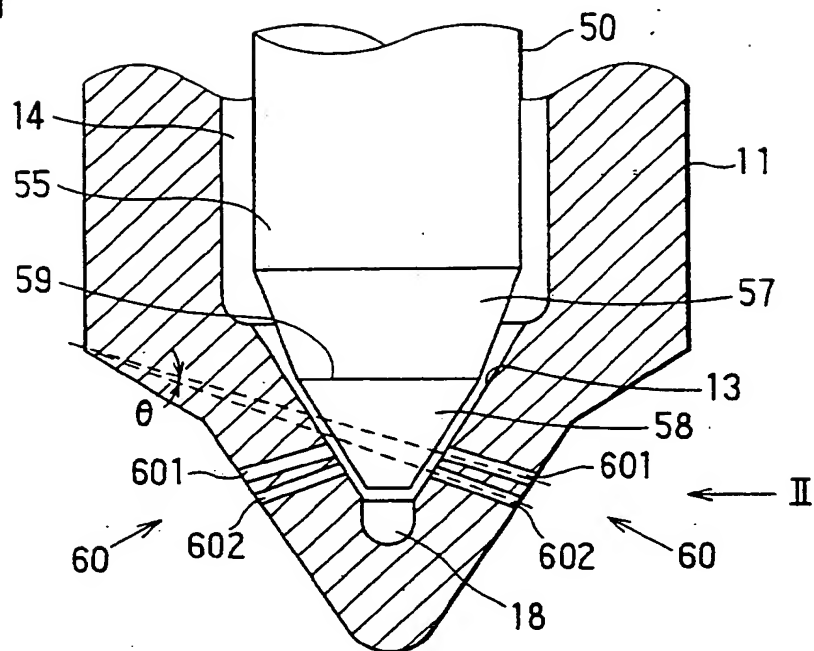


FIG. 2

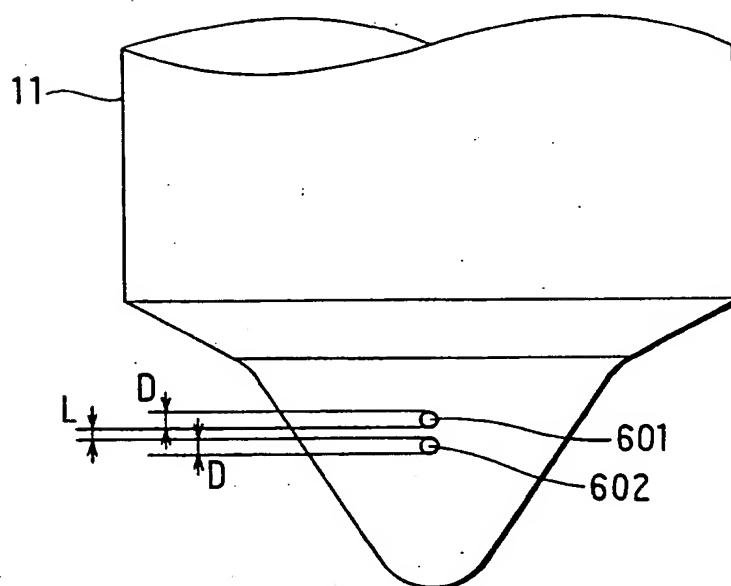


FIG. 3

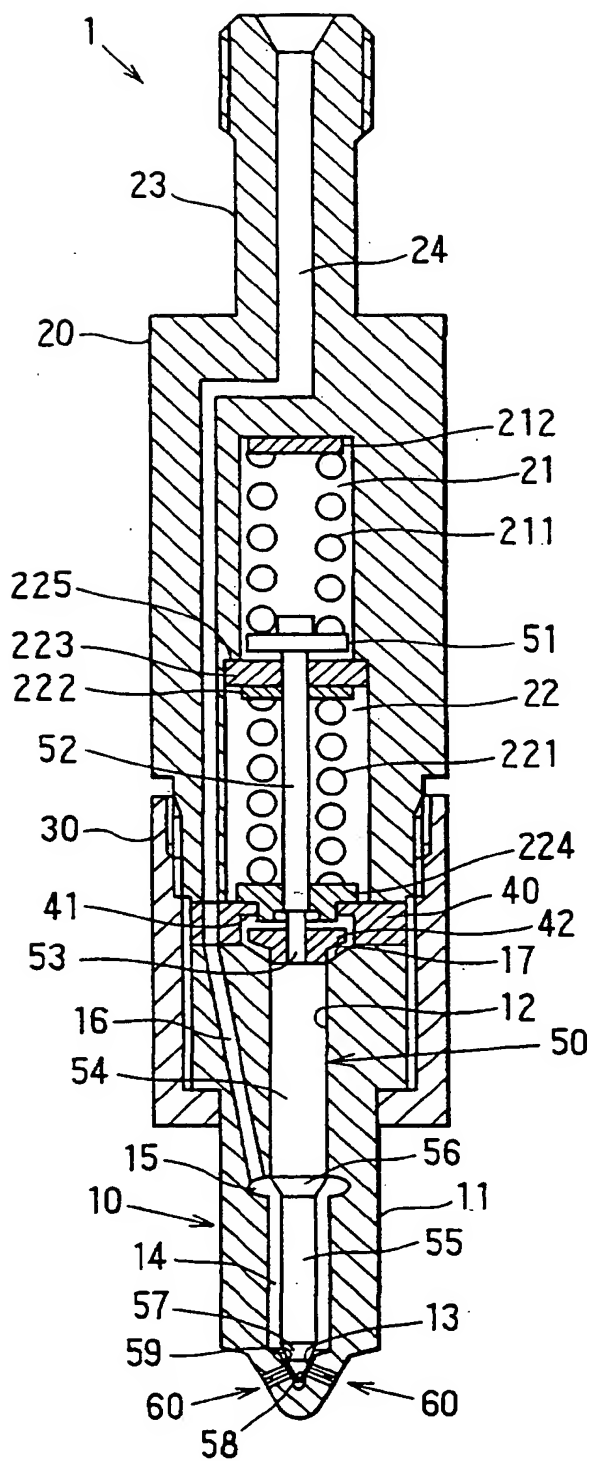


FIG. 4A

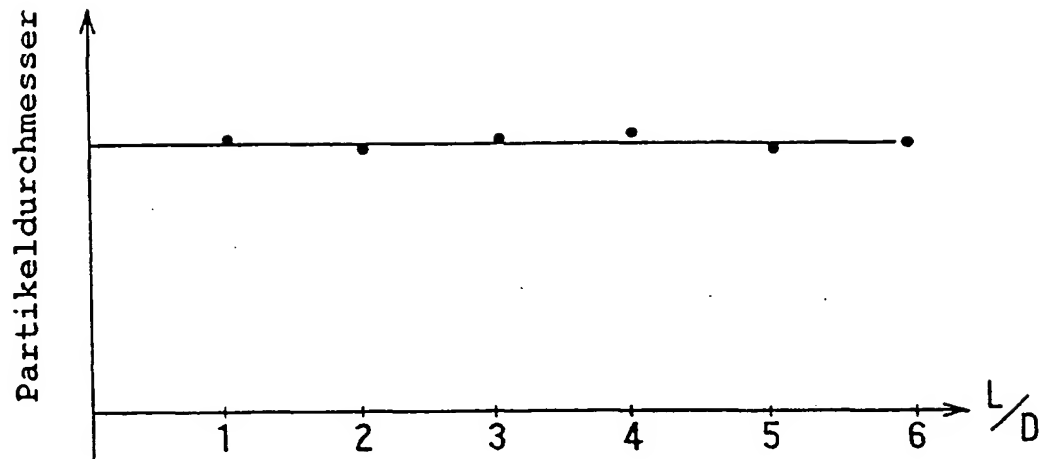


FIG. 4B

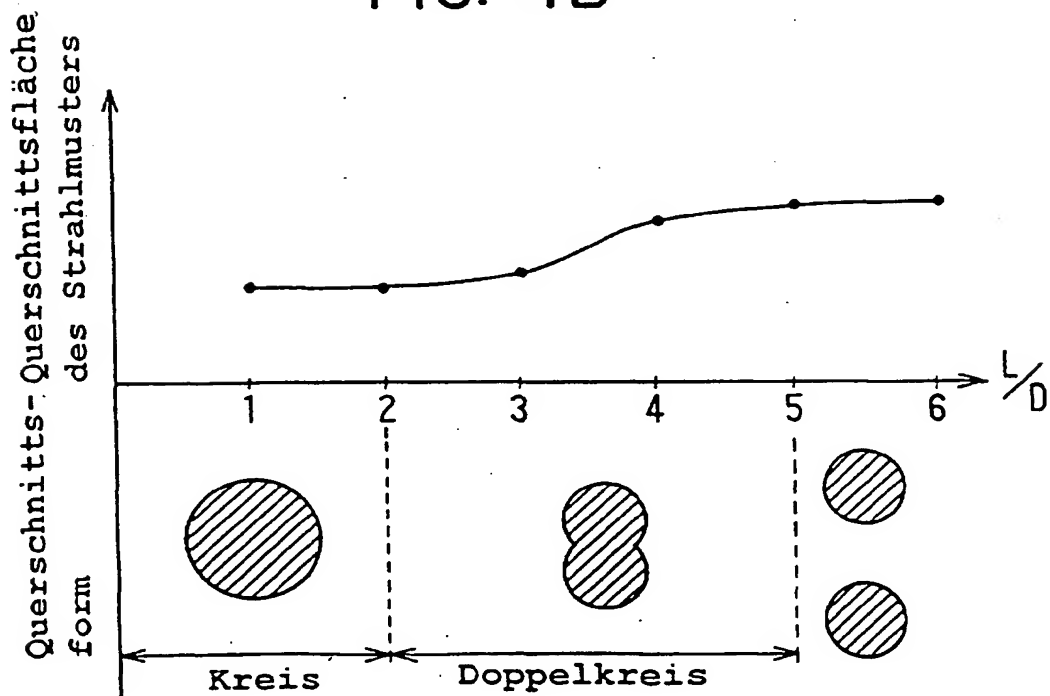


FIG. 5

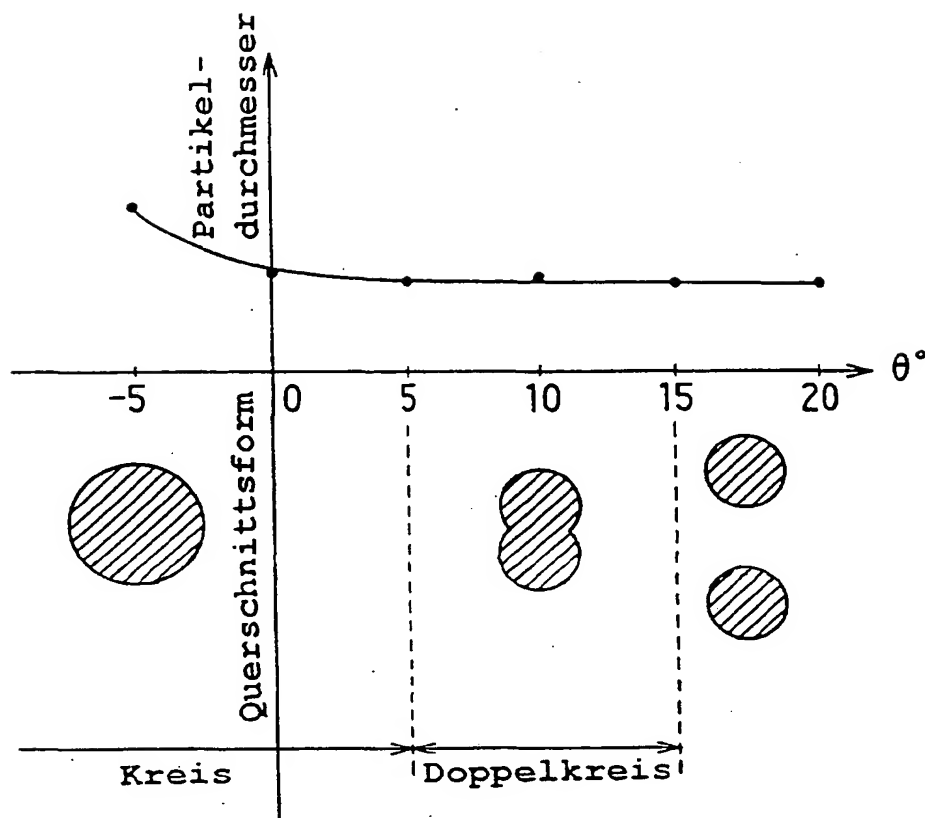


FIG. 6

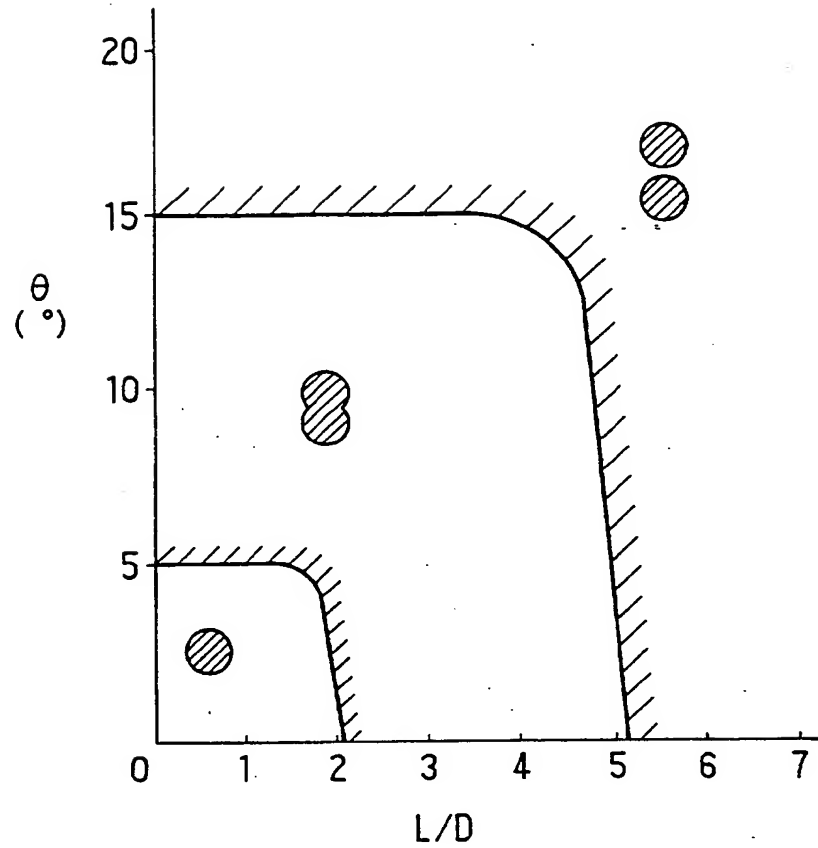


FIG. 7

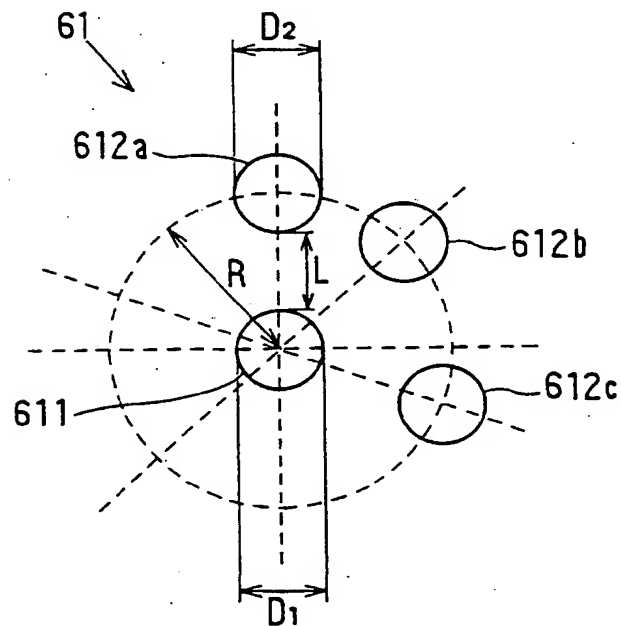


FIG. 8A

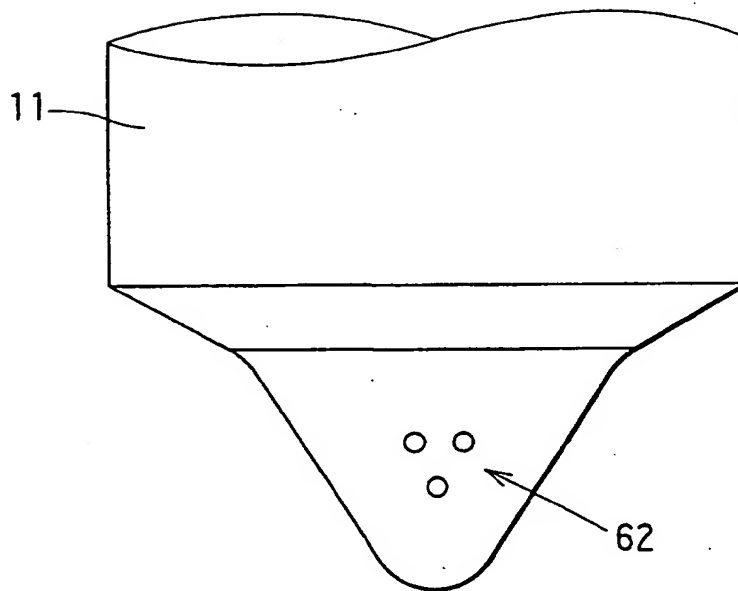


FIG. 8B

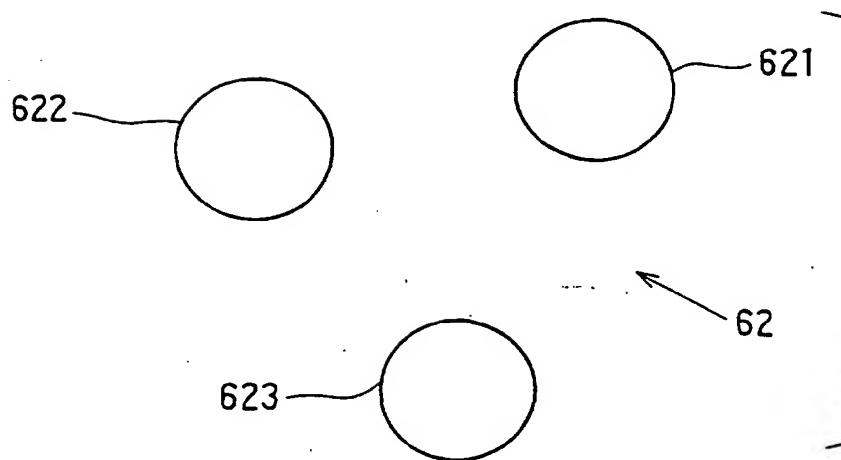


FIG. 9A

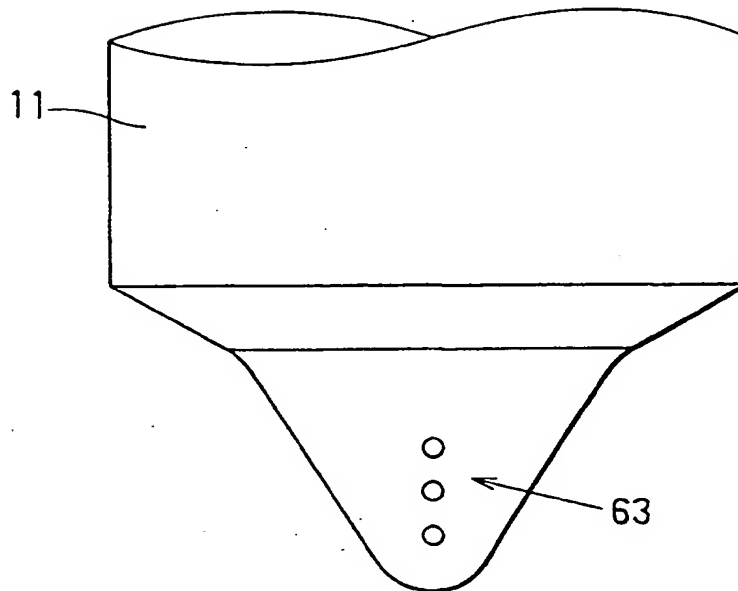


FIG. 9B

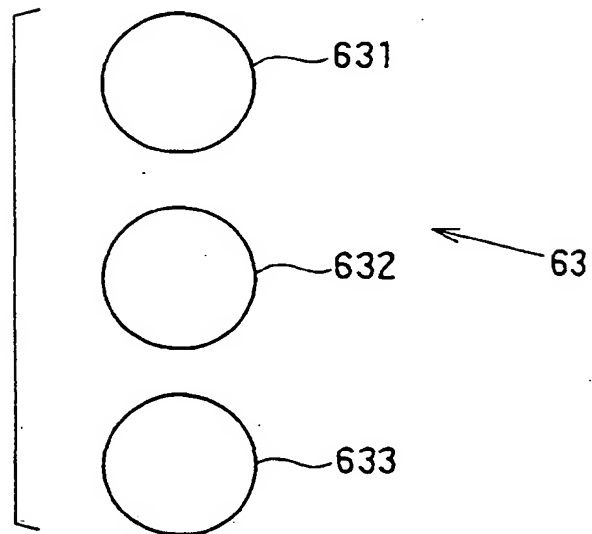




FIG. 10A

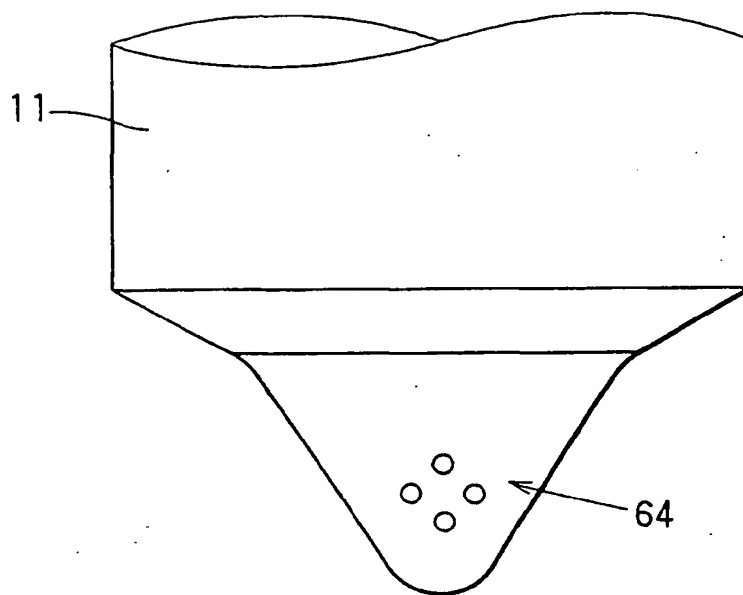


FIG. 10B

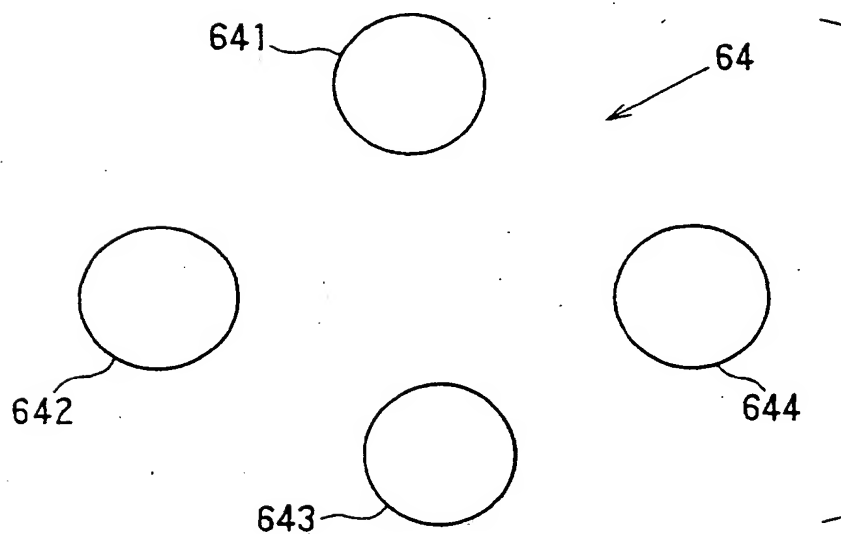


FIG. 1 I A

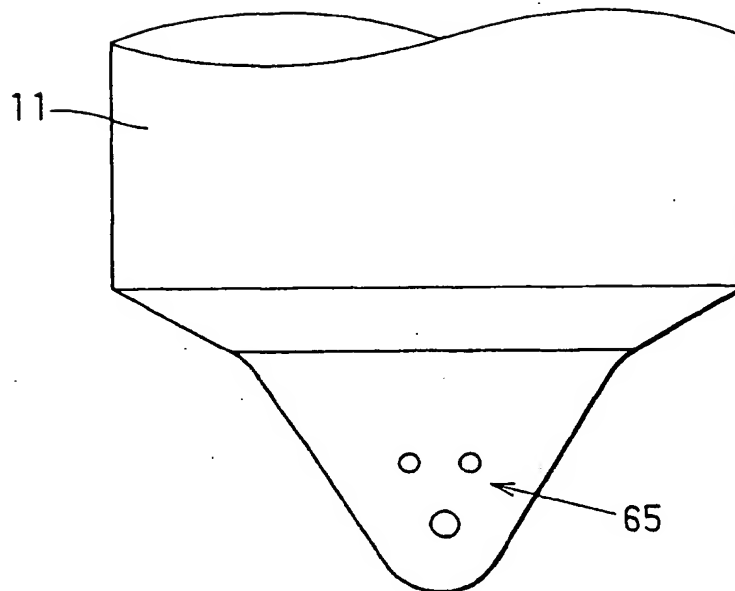


FIG. 1 I B

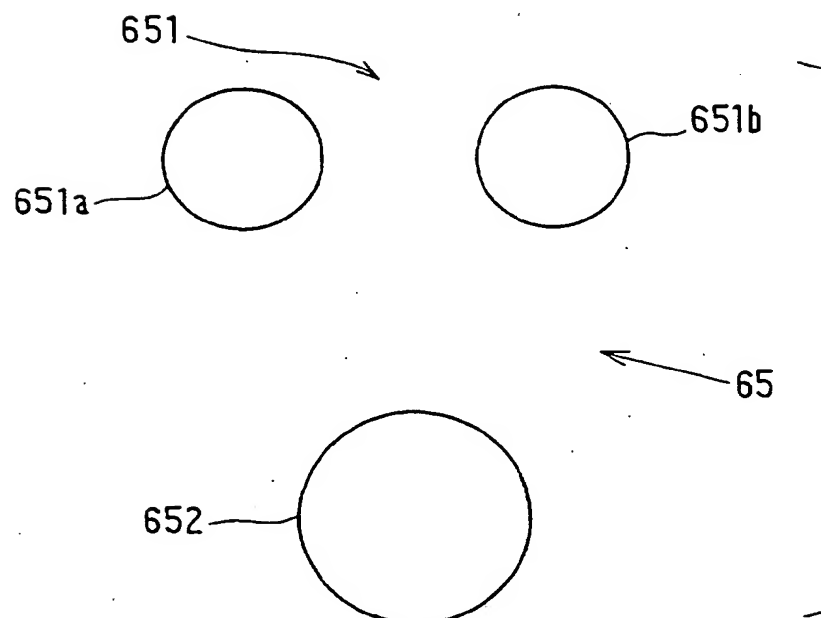


FIG. 12

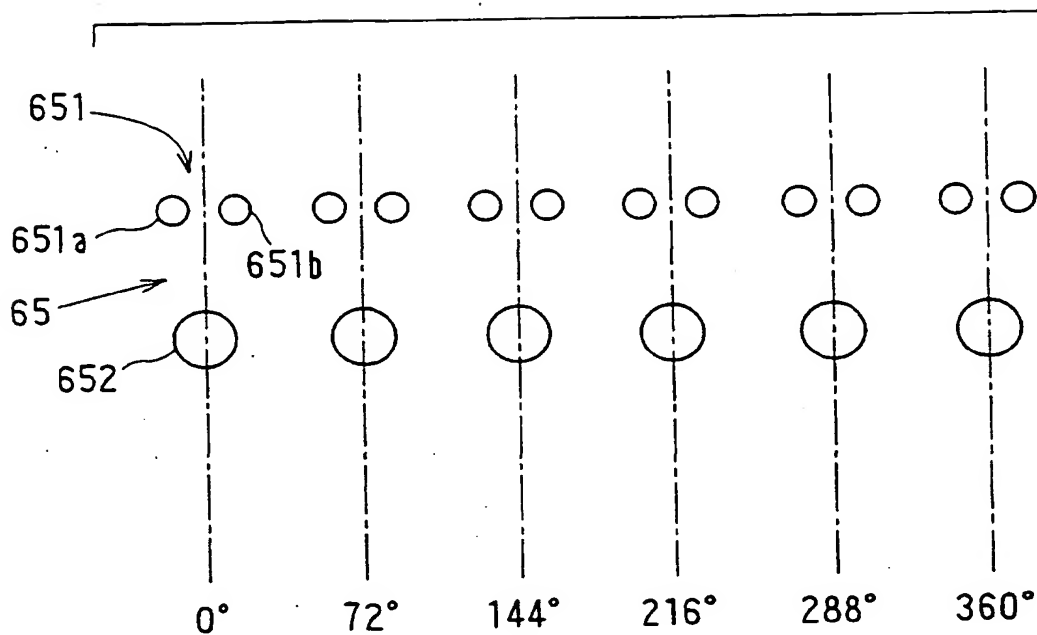


FIG. 13

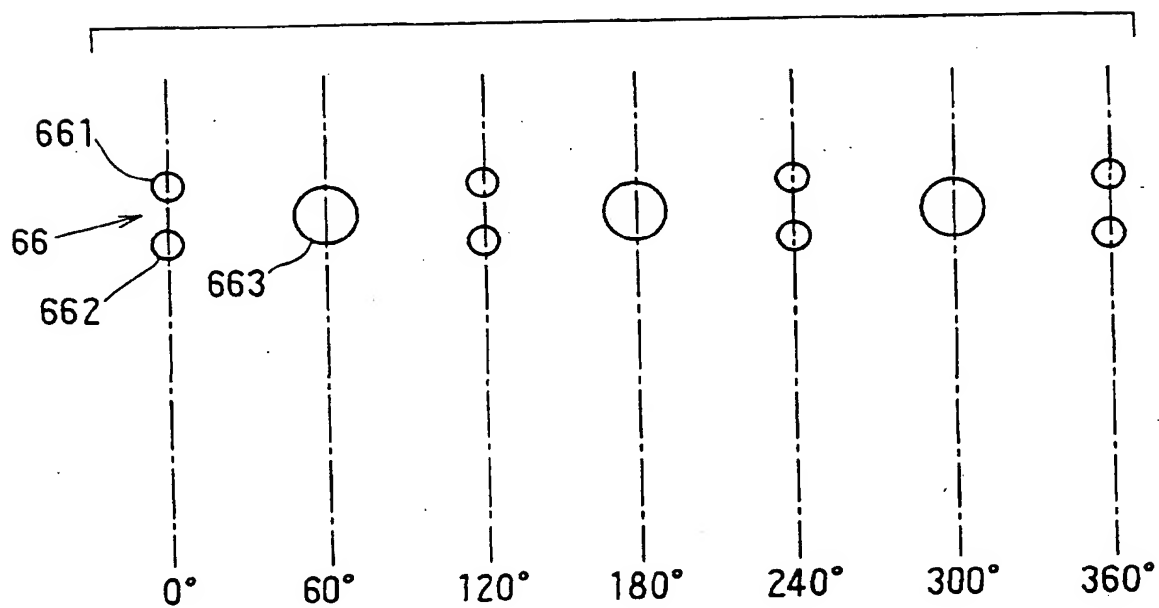


FIG. 14

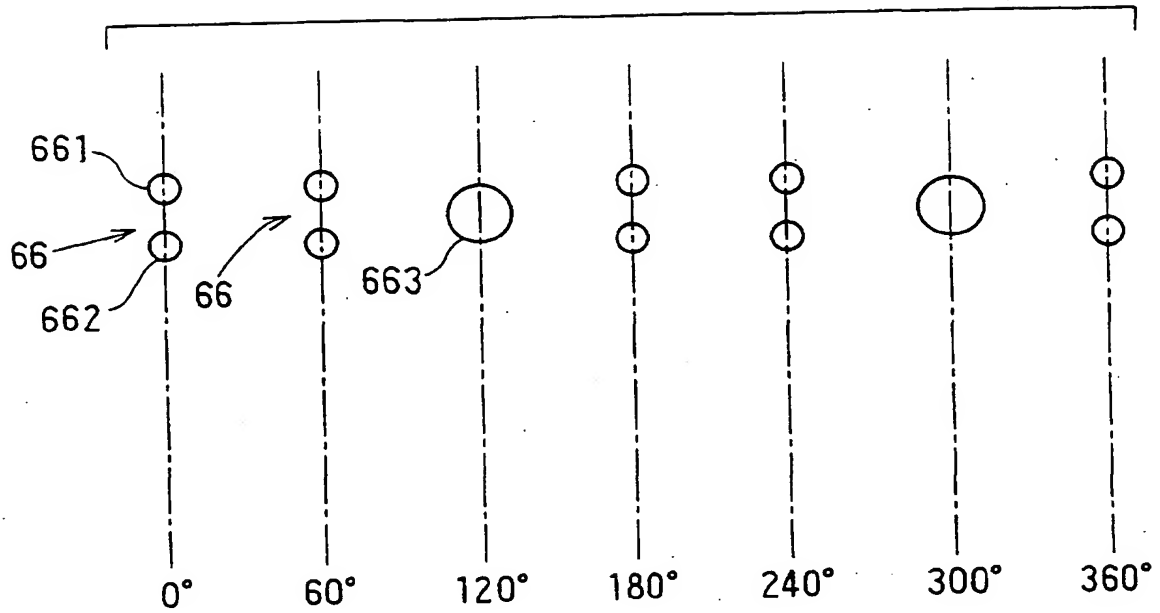


FIG. 15

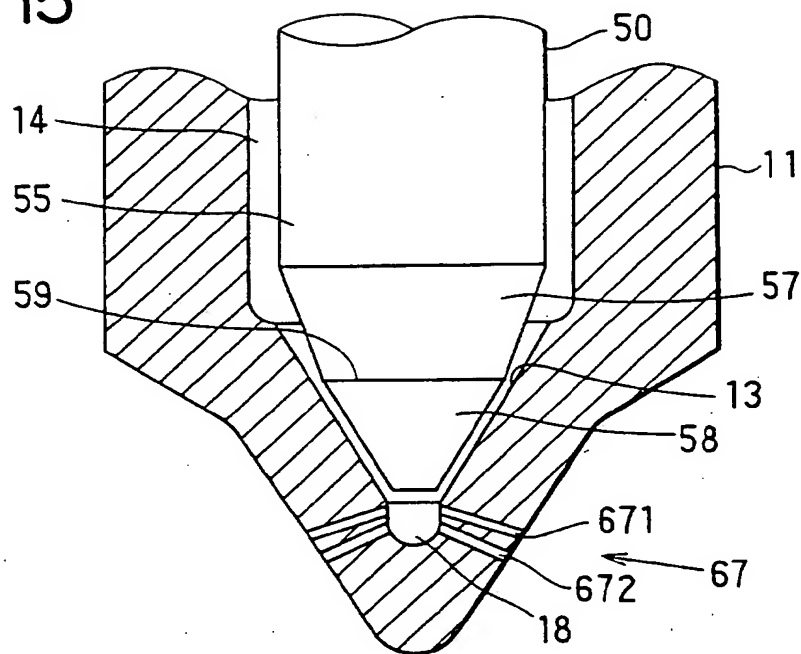


FIG. 16

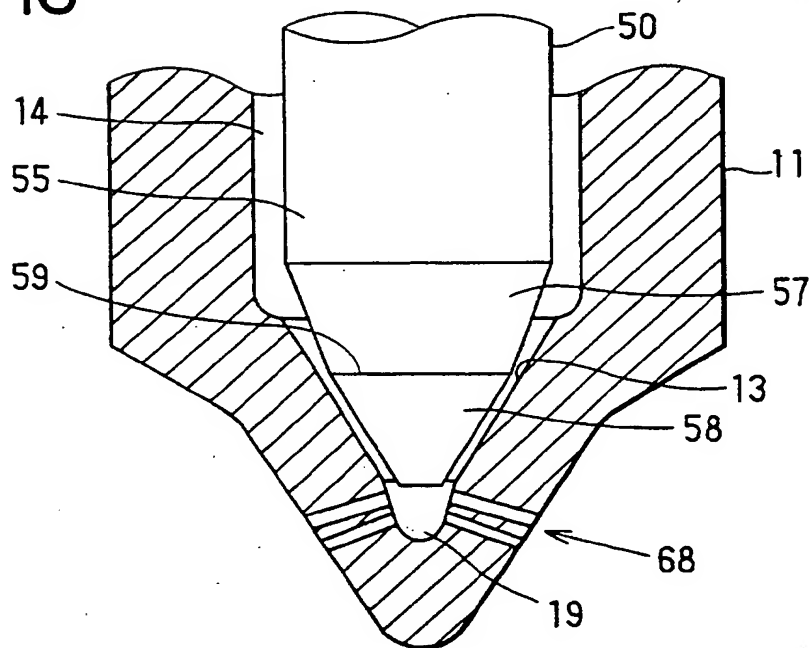


FIG. 17

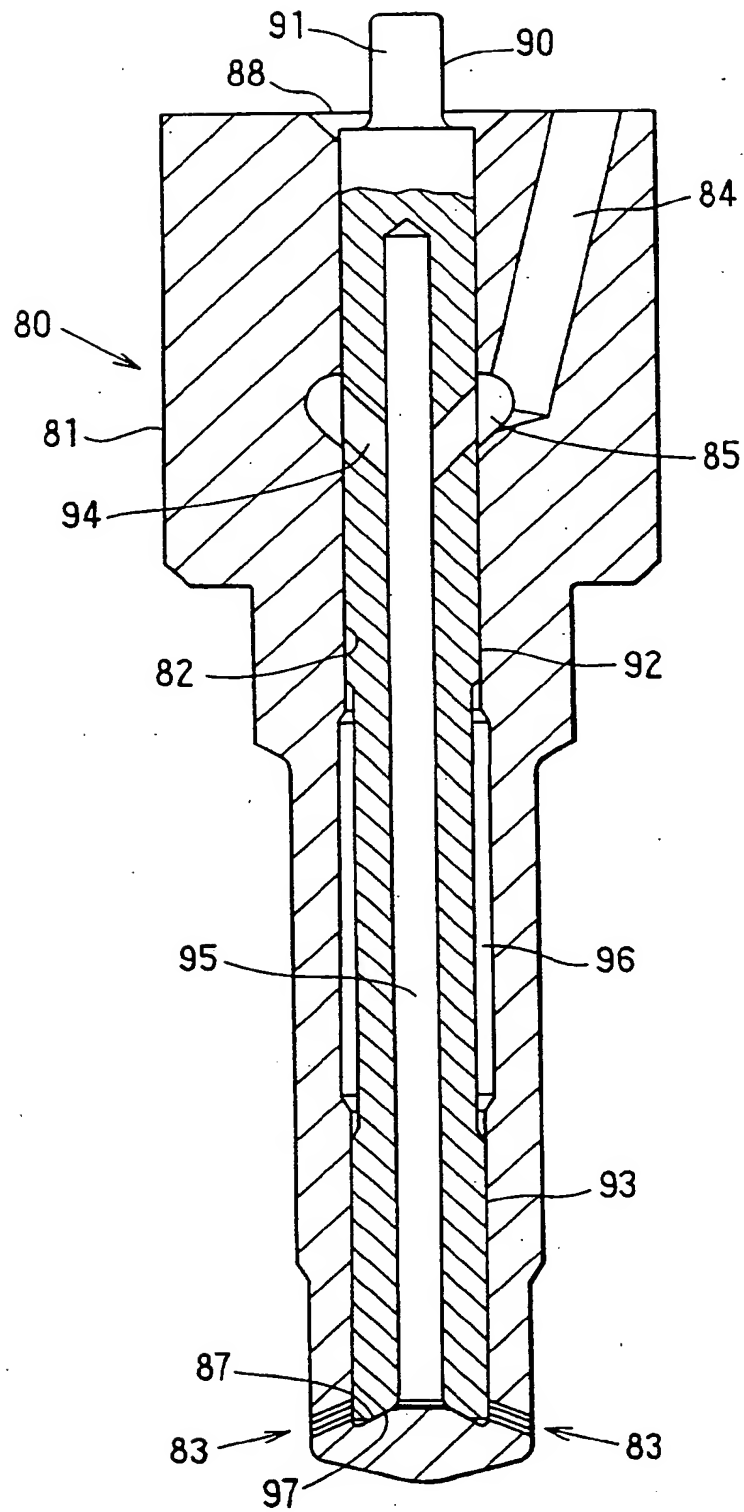


FIG. 18

